

복부 MRI 영상에서의 자동 간 검출 알고리즘

Automatic Liver Segmentation Algorithm in Abdominal MRI Scans

은성종¹

Sung-Jong Eun¹

요약

복부 MR영상에서의 간 영역의 인식은 수술을 위한 확인뿐만 아니라 정보제공에 있어 중요한 역할을 한다. 따라서 본 논문은 이러한 간 영역의 검출을 자동으로 처리하는 알고리즘을 제안하고자 한다. 제안방법은 경계선의 정보를 씨앗점으로 한 영역성장법 기반의 간 영역 검출 방법을 수행한다. 제안방법의 성능평가 결과 평균 85.7%의 정확도를 도출하였다. 향후, 효율적인 진단보조를 위해 3차원 기반의 영역성장법을 연구할 예정이다.

핵심어: 간 검출, 영역성장법, 곡률, 자기공명영상 촬영

Abstract

Liver Segmentation can support not only checking the disease, but also information for deciding the method of surgery in abdominal MRI scans. In this paper, we propose an automatic method for liver segmentation. In this proposed method, we segment the liver region for using contour seed point by region growing method. As a result of this proposed method, we can check the efficiency at 85.7% performance. In future research, we will implement the 3D region growing in volume rendering for later.

Keyword: Liver segmentation, Region growing, Curvature, MRI scans

¹ Department of Computer Science, College of IT, Gachon University
e-mail: asclephios@naver.com

Received(October 31.2015), Review (December 10.2015), Accepted(December 31.2015)

1. 서론

자기 공명 영상 (MRI: Magnetic Resonance Image)은 단층 사진 (CT: Computerized Tomography), 양전자 방사 단층 사진 (PET: Positron Emission Tomography), 초음파 (US: Ultrasound) 등과 같은 의학용 영상 장치의 출현과 함께 객체 모델링, 디스플레이 방법들을 통해 의학적 형태와 구조, 실제 객체와 다른 특성들을 추출하는데 사용되고 있다[1]. 이러한 MRI 영상을 통해 얻어진 인체 내부의 단면 정보를 이용하여 특정 장기의 분리와 같은 의료영상 처리기술은 치료나 수술을 위한 계획이나 방법 등을 결정하는데 매우 중요한 역할을 한다. 복부 영상에서 간의 인식은 간에 존재하는 질병을 파악하는 것뿐만 아니라 간에 대한 치료 방법이나 수술 방법을 결정하는 중요한 정보를 제공한다. 간에 대한 수술은 간의 일부분을 제거해야 하는 경우도 있고, 간을 이식해야 하는 경우도 있다. 이런 경우에 필요한 것이 간의 체적을 구하는 일이다. 간 이식술에서는 부분체적을 구하기 위하여 혈관의 인식도 필요할 수 있는데, 이러한 혈관인식이나 체적계산에 있어서 반드시 선행되어야 하는 간 추출은 간과 관련된 영상의 처리에 있어서 필수적인 작업이라고 할 수 있다.

기존의 간 영역 검출 방법은 장기를 구성하는 명암값으로 임계치를 부여하여 추출하는 방법 [2], 히스토그램 분석과 모델 기반 외곽선 추출 방법[3], Co-occurrence Matrix를 이용한 추출 방법[4], Template Matching, Region Growing[5], 모폴로지컬 특성에 기반한 분할 방법[6] 등이 제시되었다. 이러한 간 영역 검출 방법들 중 일반적으로 씨앗점의 설정으로 분할 영역이 결정되는 Region Growing 방법이 의료 영상 분야에서 널리 쓰이고 있다. 본 논문은 이러한 Region Growing 방법의 씨앗점 설정을 달리하여 간 영역을 자동으로 검출하는 방법을 제안한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 본 논문에서 제안한 알고리즘을 설명하고, 3장에서는 실험을 통하여 제안한 알고리즘의 성능 평가를 수행하였으며, 마지막으로 4장에서 결론과 향후 연구에 대해서 언급한다.

2. 자동 간 검출 알고리즘

다음 그림 1은 본 논문의 제안 알고리즘 전체 흐름도를 나타내며, 이는 크게 3단계로 나눌 수 있다.

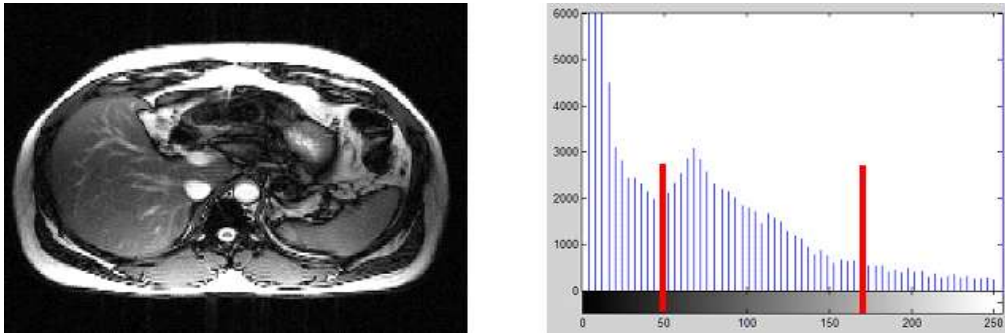


[그림 1] 전체 알고리즘 흐름도
[Fig 1] Flowchart of Whole Algorithm

1단계는 초기 간 영역을 검출하는 단계로 가우시안 필터를 이용하여 잡음을 제거하고 간 영역과 유사한 밝기값 영역을 검출하는 단계이다. 2단계는 검출된 영역의 초기 간 영역을 설정하고 해당 영역을 기반으로 Seed Point를 계산하는 단계이다. 3단계는 Region Growing을 수행하고 후처리 작업을 통하여 최적의 간 영역을 검출하는 단계이다. 해당 알고리즘에 세부적인 내용은 다음 절에서 단계별로 자세하게 다룬다.

2.1 전처리 작업

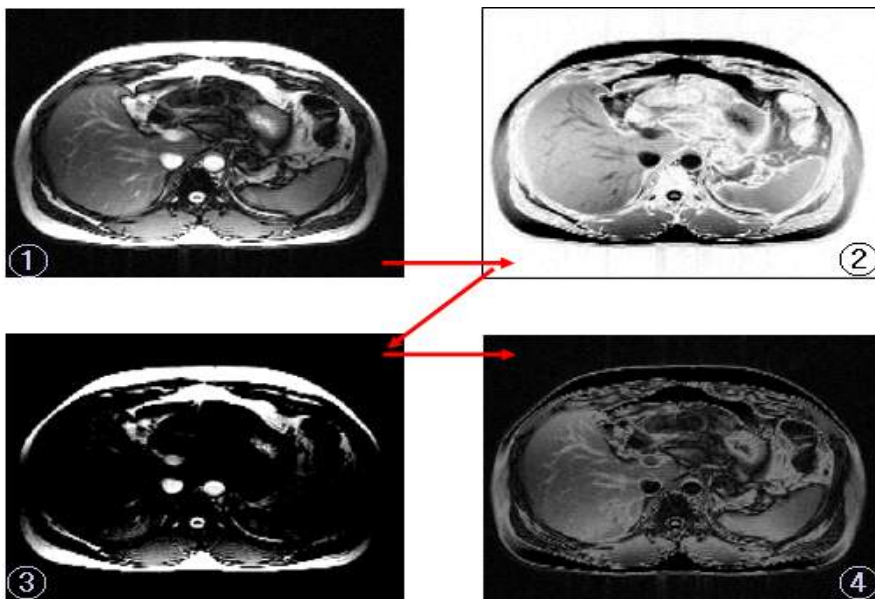
그레이 입력영상에서 가우시안 필터를 통하여 잡음 제거를 수행하고 영상의 산술 연산을 통해 초기 간 영역을 검출하는 단계이다.



[그림 2] 입력영상(좌)과 히스토그램 분포결과(우)

[Fig 2] Input Image(Left) and Histogram Information(Right)

원본 입력 영상의 히스토그램 분포를 살펴보면 간 영역 부분의 밝기 값 분포를 확인할 수 있다. 비균일한 밝기값 분포를 고려하여 범위를 계산하면 Gray level 50~170 값을 확인 할 수 있다. 해당 밝기값의 특정 임계값을 지정하여 모든 MRI 영상에 적용하기에는 무리가 따를 것으로 판단되어, 임계값을 설정하는 대신 각 영상간의 산술 연산을 통해 초기 간 영역을 추출하고자 하였다. 이에 대한 과정은 다음 그림 3에 나타난다.



[그림 3] 간 영역의 밝기값 추정 과정

[Fig 3] The Process of Enhancement of Liver Region

과정은 ①의 원본 영상을 반전하여 ②의 결과 영상을 만든 후, ①-②의 연산으로 ③의 결과를 만든다. 그리고 다시 ①-③의 작업으로 ④의 결과 영상을 만든다. ④의 결과에서 확인할 수 있듯이, 간 영역을 포함한 비슷한 그레이 밝기값을 갖는 부분은 같이 검출되었다. 이후, 간 영역을 남기고 불필요한 부분을 제거하기 위해 Opening 연산을 수행하였다. Opening 연산을 통해 불필요한 작은 부분이 1차적으로 제거되며 면적의 특정 크기 정보를 통해 간 후보 영역을 추출하는 작업을 수행하였다. 본 알고리즘에서 사용한 구조요소의 크기는 간 영역의 최소 크기 정보를 이용하여 이를 넘지 않는 크기로 설정하였다.

그리고 결과 영상을 이진화한 후 객체의 면적과 위치 정보를 이용하여 간이라고 추측이 되는 부분을 검출하였다. 이 후, 검출된 영역에 다시 침식 작업을 하여 간이라고 추정 되는 부분보다 작은 영역을 만들었다. 이는 추후 씨앗점 으로 사용될 예정이다. 다음 그림 4의 왼쪽 그림은 Opening 연산을 수행한 결과 영상이고 오른쪽 그림은 이진화 후 크기와 위치 정보를 이용하여 계산된 초기 간 영역 결과이다.

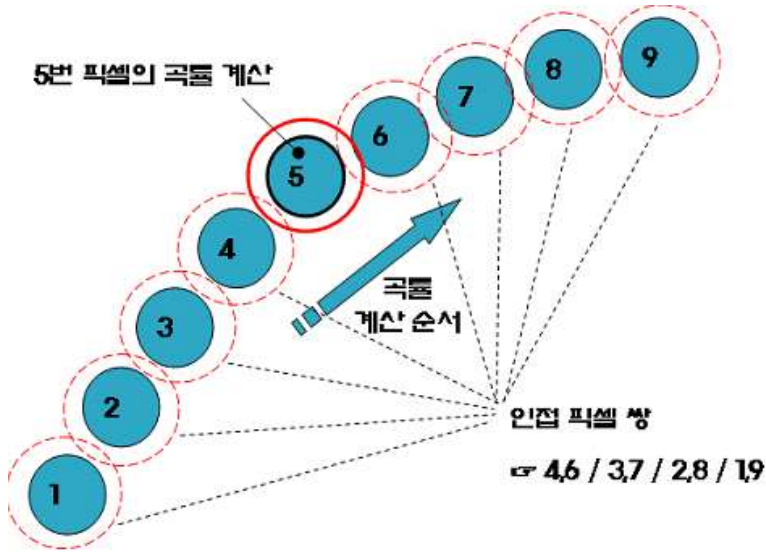


[그림 4] 초기 간 영역 검출 결과
[Fig 4] Initial Result of Liver Segmentation

2.2 Seed Point 설정 단계

다음은 초기 간 영역을 이용하여 Region Growing에 사용될 씨앗점의 설정을 하는 단계이다. Region Growing을 통해 효과적인 간 영역 검출을 하기 위해선, 간 영역 내부의 적절한 씨앗점의 설정이 가장 중요하다. 본 논문의 제안 방법은 이러한 씨앗점의 설정에 있어 초기 간 영역의

코너를 계산하여 검출된 점을 씨앗점으로 하였다. 이는 간 영역 내부의 전반적인 부분의 검출을 위해 제안되었다. 해당 코너를 검출하는 방법은 인접한 픽셀의 기울기 차와 유클리디안 거리 값을 이용하여 곡률을 계산해 추출하였다. 해당 곡률값의 임계치는 평균 곡률값으로 하였으며 다음 그림5는 곡률의 계산과정을 나타낸 것이다.



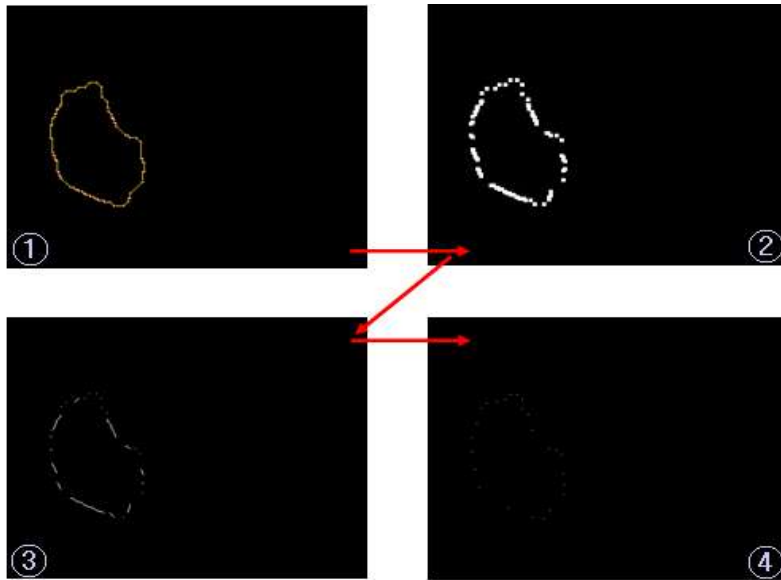
[그림 5] 곡률 계산의 기본 개념

[Fig5] The Concept of Curvature Calculation

위 그림 5의 곡률 계산 방법은 5번 픽셀을 기준으로 주변에 인접한 6, 4번 픽셀의 기울기 차이를 제공한 값과 두 픽셀의 유클리디안 거리의 차이 값을 나눔으로써, 6, 4번, 7, 3번, 8, 2번, 9, 1번 픽셀인 총 8개의 인접 픽셀을 통해 5번 픽셀의 곡률을 계산한다. 이는 아래 식 1을 통해 정리할 수 있다[7].

$$\begin{aligned}
 &Curvature(N) \\
 &= (g(N+1) - g(N-1))^2 / d((N+1) - (N-1)) \\
 &+ (g(N+2) - g(N-2))^2 / d((N+2) - (N-2)) \\
 &+ (g(N+3) - g(N-3))^2 / d((N+3) - (N-3)) \\
 &+ (g(N+4) - g(N-4))^2 / d((N+4) - (N-4))
 \end{aligned} \tag{1}$$

g 는 기울기 값을 말하고, d 는 유클리디안 거리를 나타낸다. 그리고 그 다음 순서인 6번 픽셀의 곡률 계산도 마찬가지로, 7, 5번, 8, 4번, 9, 3번, 10, 2번 픽셀을 이용하여 계산 할 수 있다. 이러한 곡률 계산 방법으로 외곽선 상에 있는 모든 픽셀의 곡률을 계산한다. 다음 그림 6은 이러한 씨앗점의 계산 과정을 나타낸다.



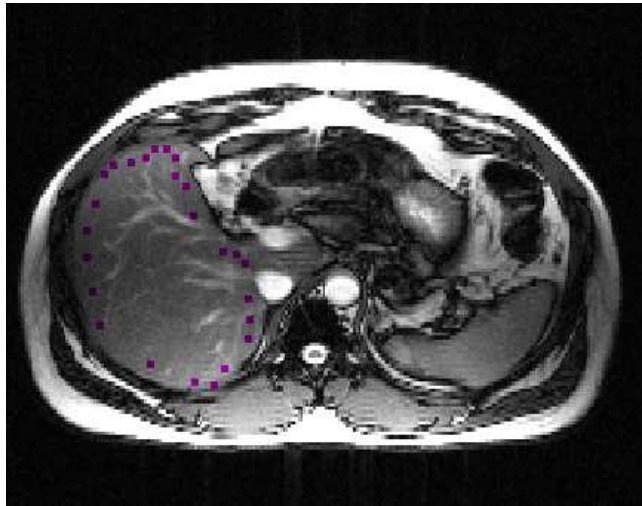
[그림 6] 간 영역의 씨앗점 계산과정

[Fig 6] Calculation Process of Seed Point in Liver Region

그림 6의 ①의 결과처럼 노란 외곽선 위에 해당 코너로 검출된 값만 빨간 색으로 표시하였다. 코너로 검출된 결과를 확인하면 픽셀 사이에 자주 물려있는 부분을 확인 할 수 있다. 이러한 부분은 대표점 하나만 추출하는 것이 보다 효과적이다. 이를 위해 해당 코너 점을 팽창 시켜 서로 인접된 픽셀들은 하나의 객체로 연결되게 만든 후, 세선화(Thining) 작업을 수행한다. 결과 픽셀이 팽창되어 다른 픽셀과 만났을 시, 하나의 객체로 되어 세선화 시 하나의 선분으로 나오겠지만 서로 만나지 않았을 경우(픽셀간의 거리가 먼 경우)는 그냥 하나의 픽셀로만 나오게 된다. 이 부분은 ③에서 확인 할 수 있다. 이후 ③의 결과에서 선분 객체는 가운데 픽셀만 검출하는 추가 작업을 수행한다. 이는 불필요한 부분을 제거하기 위해 대표 중점을 검출한 것이다. 해당 결과는 ④에서 나타난다.

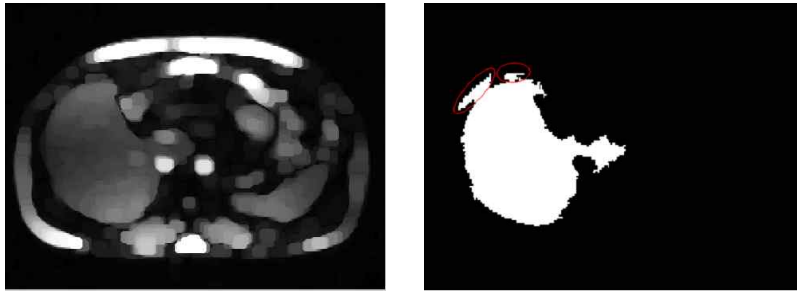
2.3 간 영역 검출과 후처리 작업

검출된 씨앗점을 기준으로 Region Growing을 수행하는 단계이다. 그림 7은 전 단계에서 계산된 씨앗점을 기준으로 원본 영상과 오버레이한 영상이다.



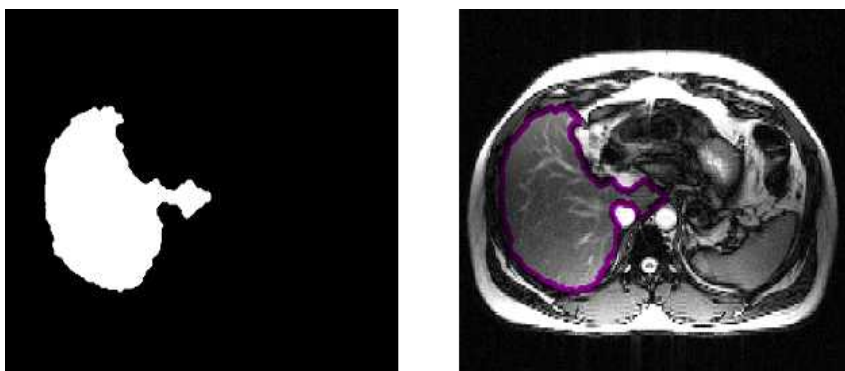
[그림 7] 간 영역의 씨앗점 설정 결과
[Fig 7] Result of Seed Point in Liver Region

위 그림 7의 결과처럼 해당 씨앗점은 간 영역 전반적으로 분포가 되어 있음을 알 수 있다. 그러나 간 영역 내부의 비 균일한 밝기값 분포로 인해 Region Growing 적용시 부적합한 영역분할이 도출된다. 이러한 문제를 해결하기 위해 간 영역 내부의 혈관 부분을 제거하기 위한 작업으로 Opening 연산을 수행하였다. 구조요소의 크기는 혈관을 포함하는 크기로 하여 Opening 연산을 수행하였으며 그 결과 간 내부의 혈관 부분을 제거하였다. 이 후 해당 영역의 Region Growing을 통해 간 영역을 검출하였다. 다음 그림 8은 Opening 연산을 수행한 결과와 Region Growing을 수행한 결과를 나타낸다.



[그림 8] Opening 결과(좌)와 Region Growing 결과(우)
[Fig 8] Result of Opening(Left) and Region Growing(Right)

작업 결과 대체적으로 간 영역에 해당되는 부분이 검출이 되었다. 다만 위 그림8(우)의 빨간 타원 부분의 경우 부적절한 결과가 검출된 것을 알 수 있다. 따라서 부적절한 부분을 제거하는 모폴로지 연산을 수행한다. 모폴로지 연산은 크게 3단계로 처리 되어 진다. 첫 번째로 Opening 연산을 수행하여 특정 마스크의 크기보다 작은 부분을 제거한다. 두 번째로 Opening으로 제거되지 않은 부분의 제거를 위해 원본 영상에서 에지를 추출한다. 추출된 에지 영상과의 곱 연산을 통해 객체의 테두리 부분을 위 결과 영상에 입힌다. 이 후 가장 큰 면적을 갖는 객체를 추출한다. 세 번째로 두 번째 작업에 의해 객체 내부의 형태가 많이 왜곡될 수가 있기 때문에 Closing 연산을 수행하여 원본 크기대로 복원한다. 다음 그림 9는 후처리 결과(왼쪽)와 원본 영상과의 오버레이 결과(오른쪽)이다. 그 결과 해당 간 영역의 효과적으로 검출되었음을 확인할 수 있다.



[그림 9] 후처리 작업 결과(좌)와 원본 영상 비교(우)
[Fig 9] Comparison Post-processing Result and Input Image

3. 실험

본 논문에서 제안한 알고리즘을 평가하기 위해 각 복부MRI 영상들의 전문의 수작업 평가와 비교하였다. 평가 기준은 총 30장의 복부 MRI 영상의 전문의 수작업 결과를 이용하였으며, 추출한 간 영역과 전문의 결과의 비교를 통해 추출된 면적 차를 성능 비율로 계산하였다. 입력된 복부 MRI 영상의 간 영역 추출 성공률은 다음 표1과 같다.

[표 1] 간 영역 추출 정확도
[Table 1] Liver Extraction Accuracy

구 분	성 공	실 패
영상 수	25	5
평균 정확도	85.7%	73.5%

4. 결론 및 향후 연구

본 논문은 복부MRI 영상에서의 자동 간 검출을 위해 개선된 Region Growing 방법을 사용하였다. 씨앗점의 설정으로 초기 검출된 간 영역을 이용한 부분이 간 영역 검출 정확도 향상에 크게 기여하였다. 성능 평가 결과 30장의 복부 MRI 영상에서 25장의 성공으로 85.7%의 정확도를 보였다.

본 논문의 제안 방법은 초기 검출된 간 영역의 씨앗점에 의해 결과가 좌우되는 특징이 있어 씨앗점 설정에 주의를 요한다. 초기 검출을 위한 방법으로 Opening 연산을 수행하는 이는 객체의 크기 정보를 이용한 것이므로 해당 크기 정보가 다른 영상일 경우 부정확한 결과가 검출될 수 있다. 이러한 문제점을 보완하기 위하여 객체의 크기 정보 외에 다른 기하학적 정보나 패턴, 텍스처 등 다수의 방법들을 모색할 필요가 있다. 또한 제안 알고리즘은 2차원 영상에서의 간 영역분할을 수행한 방법이다. 이러한 해당 영상을 이용한 볼륨 렌더링(Volume Rendering)을 통하여 3차원 영역 확장 방법을 추가 연구할 계획이다.

References

- [1] Chen, LihShyang, M. R. Sontag, Computer Vision, Graphics, and Image Processing. (1989), Vol.48, No.2, pp.190-216.
- [2] H. E. Burdick, Digital Imaging, theory and application, McGrawHill Inc, USA, (1997).
- [3] L. Gao, D. G. Heath, B. S. Kuszyk, E. K. Fishman, Radiology. (1996), Vol.201 No.2, pp.359-364.
- [4] K. T. Kim and S. K. Lee, The Korean Institute of Information Scientists and Engineers. (2000), Vol.27, No.1B, pp.508-510.
- [5] Haralick, M. Robert, L. G Shapiro, Computer vision, graphics, and image processing. (1985), Vol.29, No.1, pp.100-132.
- [6] S. J. Lim, Y. Y. Jeong, C. W. Lee, Y. S. Ho, The Institute of Electronics and Information Engineers. (2003), Vol.26, No.2, pp.153-156.
- [7] T. A. Murphy, M. Matlin, L. H. Finkel, Conference Proceedings. First International IEEE EMBS Conference on. IEEE, (2003), March.